



KONGERIKET NORGE  
The Kingdom of Norway

PCT/NO 03 / 00246  
REC'D PCT/PTC 15 DEC 2004

REC'D 19 AUG 2003

WIPO

PCT

Bekreftelse på patentsøknad  
nr

*Certification of patent application no*

2002 3398

Det bekreftes herved at vedheftede dokument er nøyaktig utskrift/kopi av ovennevnte søknad, som opprinnelig inngitt 2002.07.15

*It is hereby certified that the annexed document is a true copy of the above-mentioned application, as originally filed on 2002.07.15*

2003.07.25

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

*Freddy Strømmen*

Freddy Strømmen  
Seksjonsleder

*Line Reum*

Line Reum



**BEST AVAILABLE COPY**

1el

1. EENTSTYRET

02-07-15\*20023398

Patentsøknad nr.  
p-12022  
12.07.2002

Søker: Osmotex AS  
Postboks 6146 Postterminalen  
5892 Bergen

Oppfinner: Trond Eidsnes,  
Grønnestølveien 72,  
5073 Bergen,

Olav Ellingsen,  
Kleiva 20,  
6900 Florø,

Trond Heldal  
Fantoftveien 30, leil 0703,  
5072 Bergen

Fullmektig: Advokat Egil Lassen, Actio-Lassen AS,  
Postboks 6160 Postterminalen, 5892 Bergen

Benevnelse: ELEKTROOSMOSE I TEKSTILER

## Bakgrunn

Den foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for transport av væske i og gjennom et materiale. Eksempelvis for transport av vann gjennom ett eller flere tekstilmaterialer.

NO 308,095 beskriver en fremgangsmåte for transport av væske i tekstiler der væsken tvinges til å vandre gjennom tekstilen ved at det påføres elektriske pulser i form av en serie ensrettede pulser avbrutt av en puls med motsatt polaritet til en hel- eller halvleder som er vevd på, eller på annen måte påført materialet. Eksempelvis kan dette materialet benyttes i klesplagg for å transportere svette fra den side av klesplagget som vender mot kroppen og ut gjennom klesplagget.

Det er et formål med foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe fremgangsmåter, materialer og nye anvendelser der væsker transporteres mer effektivt enn det som er mulig å oppnå med prosessen beskrevet i NO 308,095.

Et formål ifølge oppfinnelsen er således å tilveiebringe materialer og fremgangsmåter der ulike typer væsker kan transporteres gjennom materialet, dvs fra materialets ene side til den andre side.

Et ytterligere formål er å tilveiebringe materialer der man effektivt hindrer at fuktighet kan trenge inn i materialet, eller gjennom materialet. Eller motsatt, der man effektivt kan transportere fuktighet fra den ene siden av materialet til den andre. Retningen for transporten bestemmes av polariteten på elektrodene.

Videre er det et formål med foreliggende oppfinnelse å benytte de nye fremgangsmåter og materialer i en rekke nye applikasjoner.

Idet utviklingen av foreliggende oppfinnelse hadde sitt utgangspunkt i forbedring av væsketransport i tekstilmaterialer, så er en betydelig del av beskrivelsen av oppfinnelsen, og eksempel materialet, rettet mot slike tekstiler. Imidlertid skal det understrekes at foreliggende oppfinnelse på ingen måte er begrenset til slike materialer. For eksempel kan materialene benyttes i syntetiske eller usyntetiske

membraner, og syntetiske og/eller usyntetiske materialer; porøse materialer, og mikrokanaler.

Flersjiktssystemet som beskrives nedenfor, vil kunne utgjøre alle lag i en tekstil, casing etc, eller inkorporeres som endel av denne, f.eks. laminert på innsiden av ytterlaget i en tekstil. Videre kan hele eller deler av tekstilens eller applikasjonens areal være forsynt med elektroosmotisk system.

Konseptet eller teorien som ligger til grunn for den fremgangsmåte som er beskrevet i NO 308,095 er såkalt klassisk elektroosmose. To ledende sjikt posisjoneres på hver sin side av tekstilmaterialet, og det påføres elektriske pulser til disse ledende materialer. Dette bevirker at ladete partikler (ioner) vil beveges, og denne forflytning vil samtidig transportere med seg vannmolekyler, slik at vi får en tvunget transport av væske over tekstilmaterialet.

### **Prinsipp:**

Foreliggende oppfinnelse tar utgangspunkt i en annen form for elektroosmose, nemlig sekundær elektroosmose, også kalt "superfast electroosmosis". En rekke forutsetninger må være tilstede for at man skal oppnå sekundær elektroosmose, og disse forutsetninger er det tatt hensyn til, og optimalisert i henhold til, ved utvikling av fremgangsmåtene og materialene ifølge oppfinnelsen. Sekundær elektroosmose gir en væsketransport som er 10 til 100 ganger større enn for klassisk elektroosmose ved samme elektriske spenning (typisk hastighet flere mm / sek), noe som representerer en betydelig forbedring i forhold til den fremgangsmåte som er beskrevet i NO 308,095. Sekundær elektroosmose gjør det dessuten mulig å benytte en ren vekselspenning, noe som fører til eliminering av uønskede effekter som elektrokjemiske reaksjoner, etablering av konsentrasjonsgradienter i porer etc. Den er videre langt mindre avhengig av ytre forhold som saltkonsentrasjon, pH, elektrisk dobbeltlagspotensial etc. Dette gir et mer stabilt og effektivt system.

Med henvisning til fig. 1 vil nå konseptet som oppfinnelsen bygger på bli forklart. Sekundær elektroosmose realiseres på overflaten av et ledende materiale som er i

kontakt med en væske av lavere ledningsevne, dersom der foreligger et elektrisk felt med både en tangentiell og en perpendikulær komponent til overflaten av materialet. Dette kan visualiseres ved å betrakte en sfærisk partikkel plassert i et elektrisk felt bevirket av to parallelle, plane elektroder. Det elektriske feltet kan da dekomponeres langs partikkeloverflaten i nevnte komponenter, henholdsvis  $E_{\text{tan}}$  og  $E_{\text{norm}}$ . Videre er det en forutsetning at feltet er tilstrekkelig sterkt til at grensestrømmen nås ("over-limiting current regime"). Når disse forutsetninger er tilstede vil  $E_{\text{norm}}$  føre til oppbygging av en ladet sone, eller den såkalte "space charge region", SCR ved partikkelens overflate. Denne ladede sone har egenskaper tilsvarende det elektriske dobbeltlag ("electric double layer", EDL) som bevirker den klassiske elektroosmose, som benyttet i NO 308,095. Imidlertid er SCR-potensialet 10 til 100 ganger kraftigere enn EDL-potensialet.

Klassisk elektroosmose skyldes transport av permanente ladninger (ioner) bevirket av EDL. Disse ioner er hydratiserte (dvs. vannmolekyler er assosiert til ionene) eller generelt solvatiserte (ikke nødvendigvis vann som løsningsmiddel). Væsketransporten er da proporsjonal med EDL (zeta) potensialet.

Det er vesentlig at oppbygningen av SCR skjer helt uavhengig av et eventuelt EDL med tilhørende zeta-potensial på overflaten. Begrepet sekundær elektroosmose benyttes, da den i likhet med all elektroosmose har sitt opphav i en ladet sone langs en overflate, i motsetning til elektriske effekter som virker på bulk væskevolum.

En SCR sone induseres på ledende overflater hvor det elektriske felt er sterkt nok til å skape en kraftig konsentrasjonspolarisasjon. Polarisasjonssonen består da av en diffusjonssone ytterst, SCR innenfor og eventuelt et tynnere EDL innerst mot den faste overflaten. Slik polarisasjon er beskrevet både for permselektive ionebyttere, og for elektronledende materialer.

Polarisasjonsfenomenet kan enkelt beskrives med en kationebytter som eksempel. Ved å rette elfeltet mot denne, transporteres kationer inn mot og gjennom det faste materialet, mens anioner ikke kan passere i motsatt retning, pga ionebytterens permselektivitet. Resultatet er at anionekonsentrasjonen faller mer enn

kationekonsentrasjonen i polarisasjonssonen ved sterkt nok elektrisk felt, slik at man får en netto positiv ladning i et tynt skikt.

For ionebytterpartikler kan minste elektrisk feltstyrke for sekundær elektroosmose uttrykkes  $E r \gg 0.013 \text{ V}$ , hvor  $E$  er elektrisk feltstyrke, og  $r$  diameter for partikkelen. for elektronledere blir verdien noe høyere, idet reaksjonspotensialet må adderes.

Konseptet som ligger til grunn for foreliggende oppfinnelse er at tangentialkomponenten til feltet virker på ladningssonen (SCR) som induseres av normalkomponenten. De solvatiserte ionene i SCR transporteres da på samme måte som ionene i det elektriske dobbeltlag (EDL) ved klassisk elektroosmose. Viskøse krefter fører i begge tilfeller til at hele væskemengden i porene settes i bevegelse.

Avhengigheten av både feltets normal- og tangensiellkomponenter medfører at væsketransporten blir en ikke - lineær funksjon i feltstyrken, i motsetning til klassisk elektroosmose. Dette er årsaken til at et rent vekselspanningssignal kan benyttes. For sekundær elektroosmose er transporten tilnærmet proporsjonal med kvadratet av elektrisk feltstyrke.

Forutsetningen for å oppnå væsketransport ved sekundær elektroosmose er således at det ledende materialet og elektrodene arrangeres på en slik måte at det elektriske feltet får komponenter både tangentielt og normalt til overflaten av det ledende materialet. Denne forutsetning er tilstede dersom det ledende materialet omfatter 1) kurvede overflater, eller ved 2) at overflaten er flat men der det er arrangert områder med henholdsvis lav og høy konduktivitet. For disse tilfellene benyttes 2 elektroder, en oppstrøms og en nedstrøms området for indusert SCR. Eller 3) man benytter 4 elektroder, 2 for å indusere SCR (felt normalt til ledende porevegg) og 2 for å transportere solvatiserte ioner (tangentielt felt). På denne måten kan sekundær elektroosmose oppnås for et porøst materiale med f.eks. sylindriske porer, eller for mikrokanaler. System 3 er særlig egnet for mikroskopiske eller små systemer, da høye spenninger blir nødvendig dersom avstanden mellom der SCR - induserende elektrodene blir stor.

Dersom det benyttes kurvede overflater så kan man eksempelvis benytte sfæriske kuler eller sylindriske fibre, slik det er benyttet i fig. 1. Fibrene kan være lange og inngå i en vevd eller non-woven struktur, eller korte og danne en porøs struktur på lignende måte som kuler. En flat overflate med områder med forskjellig konduktivitet vil føre til avvik i det elektriske felt mot de sterkt ledende soner, slik at feltet bøyes av og får komponenter både parallelt og normalt til overflaten. Vi vil nedenfor gi eksempler på hvordan de ulike forutsetninger kan realiseres i ulike materialer.

Den foreliggende oppfinnelse vil nå bli nærmere forklart med henvisning til de vedlagte figurer, hvor:

Fig. 1 viser oppbygging av ladet sone som en følge av at det elektriske felt har komponenter normalt (i tillegg til tangentielt) til en krummet overflate.

Fig. 2.1 viser en prinsippskisse av en utførelse ifølge oppfinnelsen omfattende et aktivt sjikt og porøse elektroder.

Fig 2.2 viser et aktivt sjikt, med omliggende inert materiale (porøst og / eller helt eller delvis hydrofilt) og porøse elektroder.

Fig 2.3 viser et aktivt sjikt, inert matrise (porøs og / eller helt eller delvis hydrofil), som egne skikt, og porøse elektroder.

Fig 2.4 viser et aktivt sjikt og en inert matrise (tett eller som i fig 2.2-2.3) hvor porene ligger rundt hver kule pga. inkompatibilitet med inert matrise, samt porøse elektroder.

Fig. 3 viser aktivt sjikt, inert matrise og elektroder, samt ytterligere sjikt.

Fig. 4 viser et eksempel på hvordan det elektriske signal som appliseres via elektrodene kan være.

Fig. 5 viser vanntransport over et materiale ifølge oppfinnelsen.

Fig. 6 viser elektrosmotisk hastighet isolert, som differansen mellom total og trykkdreven transport.

Fig. 7 viser en applikasjon der vann kan transporteres inn i en beholder gjennom beholderens vegg.

Fig. 8 viser hvordan vann som er kondensert på en overflate kan føres gjennom en membran for oppsamling.

Fig. 9 viser en applikasjon der luft avfuktes ved å ledes gjennom et tykt aktivt sjikt.

Fig. 10 viser en applikasjon der det aktive sjikt med elektroder er plassert i en sylinder med sensor, for uttak og analyse av væskeprøver.

Fig. X1 viser en prinsippskisse av en utførelse ifølge oppfinnelsen omfattende 4 elektroder, for sekundær elektrosmotisk væsketransport langs en plan flate.

Fig. X2.1 – X2.4 viser eksempler på strukturen beskrevet i Figur 1 tilpasset mikrokanaler ("Microfluidic secondary electroosmotic pump").

Fig. X3 viser en mikropumpe som gir blanding av to inngående strømmer ved konveksjon.

## STRUKTUR

Med henvisning til fig. 2 vil nå et materiale ifølge oppfinnelsen bli beskrevet. Av prinsippskissen fremgår det at det er benyttet et materiale bygget opp av sfæriske partikler. I den videre beskrivelse av oppfinnelsen har vi valgt å benevne det materialet hvorigjennom væsketransporten foregår for det "aktive sjikt". Dette sjiktet består av et ionisk eller elektronisk ledende materiale 10, og er porøst. Det aktive sjiktet 10 er i seg selv porøst men porene kan være fylt med en inert matrise (se nedenfor). De enkelte ledende partikler er fortrinnsvis ikke-porøse. Imidlertid kan de være porøse, men dette gir noe reduksjon i elektrosmotisk effekt og trykktetthet.



Med termen porøse materialer menes et hvert fast materiale som er tilstrekkelig porøst til at væske, eksempelvis vann, kan trenge inn i, eller gjennom materialet.

I en for tiden foretrukket utførelse omfatter materialet elektronisk eller ionisk ledende partikler med kurvede overflater 10a. Diameteren er fortrinnsvis i området 10 – 1000  $\mu\text{m}$ . Dersom nødvendig kan det aktive materialet 10 holdes på plass av en inert, ikke ledende matriks 12, som også kan binde strukturen sammen med elektrodene 14. Det inerte materialet 12 kan være porøst eller ikke- porøst, hydrofobt eller helt eller delvis hydrofilt. For andre væsker enn vann gjelder tilsvarende egenskaper, dvs for eksempel oleofil/oleofob i forbindelse med olje. Det inerte materialet 12 kan være lokalisert mellom det aktive laget 10 og elektrodene 14 (Fig. 2.3), eller ligge rundt de ledende partiklene slik at disse er homogent fordelt i den inerte matrisen (Fig. 2.2). Den porøse matrisen må da enten være porøs eller hydrofil for å tillate vanntransport. En annen mulig porøs struktur vil ha åpne porer rundt hver ledende partikkel, slik at væske kan passere selv om den inerte matrisen i seg selv er tett (Fig. 2.4).

Det inerte materialet har også som funksjon å øke trykktettheten, idet porestørrelsen reduseres. Dette følger av at væsketransport ved elektroosmose er proporsjonal med kvadratet av porediameteren, mens trykkdreven transport vil være proporsjonal med porediameter i fjerde potens. Dette sees fra de vanlig forekommende, tilnærmede sammenhenger:

#### 1. Helmholtz - Smoluchowsky ligningen for elektroosmotisk transport

$$J = \frac{\epsilon \zeta E}{\eta} \pi r^2$$

Hvor J er væskefluks (volum per tid og areal),  $\epsilon$  permittivitet for væsken, overflatepotensialet for det elektriske dobbeltlag (zeta-potensial),  $\eta$  vannets viskositet, E feltstyrke for påtrykt elektrisk felt, og r poreradius.

For sekundær elektroosmose erstattes zeta - potensialet med  $2Ea$ , hvor a er partikkeldiameter.

#### 2. Hagen - Poiseuille ligningen for trykkdreven transport

$$J = \frac{\pi r^4}{8\eta} \Delta p$$

Hvor  $p$  er trykkforskjellen.

Alternativt kan det benyttes et flatt materiale formet som et rutemønster eller lignende med felt med høy og lav ledningsevne. Feltene med høy ledningsevne vil transportere væsken, og må ha en egenskap som den ikke-ledende matrisen i Fig. 2.2 - 2.3 med hensyn til porøsitet, hydrofilisitet osv. Et slikt materiale kan for eksempel bygges opp ved hjelp av ulike trykke- eller fotografiske metoder kjent innen for eksempel elektronikk- eller tekstilindustrien.

Eksempelvis kan man trykke et mønster på en membran ved hjelp av en printer eller lignende, for deretter å impregnere den med ledende materiale. Det ledende materialet vil utelukkende feste seg til enten de påtrykte eller ikke - påtrykte områder.

Man kan bruke bestråling eller trykking for å påvirke enten ledningsevnen direkte, eller materialets affinitet for kjemikalier / etterbehandling som vil påvirke ledningsevnen.

Ledende områder kan legges på en ikke - ledende membran med trykkemetoder benyttet i tekstilindustrien. Alle slike metoder som gir en diskontinuerlig påføring / trykk kan benyttes. Eksempler er trommel - og "screen" type trykking.

På hver side av det aktive materialet 10 er der posisjonert elektroder 14. I den utførelse som er vist i fig. 3 er der også arrangert ytterligere ikke-ledende sjikt 16. Det skal presiseres at disse ytterligere sjikt som et alternativ også kan posisjoneres mellom det aktive sjikt 10 og elektrode 14. Dette sjiktet kan være tekstiler eller membraner av forskjellig form og utførelse, og/eller bestå av et hygroskopisk organisk eller uorganisk material slik som for eksempel silica-gel.

I det påfølgende gis det eksempler på produksjonsmåter for struktur 2.1 - 2.4:

Flocking: elektrostatisk eller random flocking er kjente metoder fra tekstilindustrien, og kan benyttes til å danne et aktivt lag på en elektrode eller på et inert lag som er belagt med bindemiddel. Det samme bindemiddelet kan benyttes til å feste den andre elektroden. Dette bindemiddelet kan utgjøre en inert matrise, som vist i figur 2.3.

Coating / laminering: Det ledende materialet kan blandes med polymer eller polymerskum, som brukes som coating eller lim for laminering, slik at polymeren bindes til elektrodslag eller inert lag. Dette vil resultere i strukturen i figur 2.2 eller figur 2.4. Strukturen med åpne porer rundt hver ledende partikkel kan oppnås ved å benytte en inert matrise med lav kompatibilitet for lederen.

Sintering: man kan lage en porøs struktur ved å la kuleformede eller andre partikler smelte sammen i kontaktpunktene, ved varme- eller kjemisk behandling.

Phase - inversion: dette er betegnelsen på en mye brukt metode for membranproduksjon, basert på kontrollert overgang fra flytende til fast tilstand for polymer. Et aktivt skikt med inert bindemiddel kan således produseres ved å blande ledende partikler med den flytende polymeren. Eksempler vil være en kontinuerlig prosess hvor polymer - partikkel - blandingen helles på en "backing", for deretter passere gjennom et bad med koagulant for polymeren. Backingen kan utgjøre et av lagene i flerskiktsmaterialet (elektrode eller inert porøst lag), eller være et materiale som lett fjernes slik at det aktive skikt danner en frittstående membran.

Den prinsippskissene som er vist som fig. 2 skal på ingen måte anses som begrensende, idet et materiale ifølge oppfinnelsen kan bygges opp på mange forskjellige måter. Det sentrale er at det etableres både et normalt og et tangentielt elektrisk felt til en ledende overflate som grenser til en væskefase, slik at væske transporteres ved sekundær elektroosmose. Væsken kan være en hvilken som helst væske, selv om mange applikasjoner er tiltenkt transport av vann eller vannløsninger. Det aktive sjikt kan ha tykkelse lik et hvilket som helst antall di metre for det ledende materialet.

Systemet med 4 elektroder kan som vist i Figur X1 bestå av en kanal og et parallelt kammer inneholdende samme væske. For å forenkle beskrivelsen, antas firkantet tverrsnitt for begge. Et ledende skikt som kan være en ionebyttermembran utgjør veggen mellom kanal og kammer. Et sett plane elektroder er plassert parallelt på hhv kanalens og kammerets motstående vegger. Ved å påtrykke en potensialforskjell mellom disse, induseres en "Space charge layer" på membranoverflaten i kanalen. Ved å benytte et annet sett elektroder plassert oppstrøms og nedstrøms SCR, kan man påtrykke et elektrisk felt tangentielt til membranoverflaten, og oppnå sekundær elektroosmose i kanalens strømningsretning. Dersom ionebyttermembranen erstattes av et elektronisk ledende materiale, behøves ikke "sidekammeret".

Dette systemet kan utgjøre en del av, eller hele kanalens lengde. Det er særlig egnet for mikrokanaler. Med mikrokanaler forstås her kanaler hvor en eller flere av dimensjonene bredde, høyde, lengde er mellom 10 nm og 100  $\mu\text{m}$ . Ved små dimensjoner vil som beskrevet trykkdreven transport være liten. For transport av makroskopiske vannmengder kan man benytte en porøs struktur i steder for enkelte kanaler, og felles elektroder for hele strukturen.

Elektroosmotisk transport i mikrokanaler er også mulig for systemet i Fig. 2, som vist i Fig. X2.1 – X2.4. I tillegg til fibre og kuler, kan det aktive materialet her være svært korte sylindre, lignende en myntfasong. Slike systemer kan for eksempel benyttes som sekundære elektroosmotiske pumper for "Microfluidic systems". Pumpen vist i Fig. X3 vil dessuten kunne gi en effektiv omrøring og blanding av flere komponenter på mikronivå.

Det må nevnes at elektrodene for mikrokanaler kan gis mange ulike plasseringer og utforminger, bl.a. avhengig av hva som er produksjonsteknisk praktisk, for eksempel kan de være punktformet eller utgjøre deler av kanalveggen. Ved å la avstanden til området med SCR være stor nok, vil feltet uansett bli tilnærmet parallelt med kanalen, som er det essensielle.

Både dersom materialet ifølge oppfinnelsen skal produseres i form av en tekstil, og for andre utforminger, kan det aktive sjikt være fremstilt av materialer, så som ionebytter (f.eks. sulfonert polystyren - divinylbenzen (crosslinked) eller keramisk

ionebytter), ledende polymer (f.eks. dopet polyanilin (PANI), polyetylen eller annen dopet polymer) karbon, grafitt, metall eller en polymer iblandet noen av disse materialene. Alle disse materialene kan være formet som korte eller lange fiber, eller som kuler. Den inerte matrisen kan bestå av polyuretan, hydrofilisert polyuretan (f.eks. polyuretan - poly(etylen-oksidi) copolymer), latex / gummi, silikon, eller polymerer som f.eks. polyester, polyamid, polytetrafluoretylen, polyvinylidenfluorid, polypropylen, polyetylen, cellulose-ester, polyimid / polyeterimid, polykarbonat, polyeterketon.

For enkelte anvendelser kan også den inerte matrisen være keramisk.

Elektroden 14 kan være en vevd eller non-woven struktur av ledende polymer-, karbon- eller grafitt - fiber av samme type som kan benyttes i membranen. Den kan også bestå av en porøs membran av ledende polymer (f.eks. PANi) eller polymer fylt med ledende materiale. Elektroden kan også bestå av en standard tekstil eller grid som er impregnert eller belagt med en ledende polymer (fylt eller dopet) på ene eller begge sider. Endelig kan elektroden bestå av en metalledduk eller -grid.

Som ytterligere sjikt 16 kan det for eksempel anvendes tekstiler, polymembraner eller -gittere, og/eller hygroskopiske materialer.

Prinsippet med transport av fuktighet/væske kan også benyttes i ulike bygningsmaterialer som ulike plater, fuktsperre mm. ved å inkorporere et aktivt sjikt. Formålet her vil ofte være å hindre at fuktighet trenger gjennom bygningsmaterialet. For eksempel kan et aktivt sjikt med tilhørende elektroder monteres på den ene siden av plater så som sponplater eller gipsplater, og fungere som en fuktsperre.

Mikropumper (dvs system for væsketransport i mikrokanaler) kan fabrikkere med metoder og materialer kjent fra elektronikkindustrien, også slike basert på ledende polymer. Slike metoder inkluderer etsing, litografiske og fotografiske metoder, VLSI teknologi. Dette gjelder samtlige bestanddeler, inkludert elektroder og aktivt skikt. Videre kan alle elektrodematerialer og materialer for aktivt skikt som er beskrevet, benyttes. Metaller og halvledere kan benyttes i ulike utforminger.

Slike pumper er en viktig del av "microfluid(ic) systems", "micro total analytical systems" etc. Disse systemene innbefatter sensorer hvor mange laboratoriefunksjoner er integrert i en chip, systemer for medisinerings, eller kjøling av elektronikk (se eksempler på anvendelser nedenfor).

Det påtrykte signal for sekundær elektroosmose kan bestå av en vekselspenning med firkant-, trekant-, sagtann-, sinus-, eller annen form. Frekvens kan være fra mHz til kHz område. Videre kan signalet ha en offset og duty - cycle. For mange anvendelser skal offset og duty - cycle være justert slik at utslaget er størst for pulsen som ventes å gi elektroosmotisk transport i ønsket retning, med netto DC komponent null (fig. 4). Dette signalet vil mest effektivt redusere eller eliminere elektrodereaksjoner og andre tidsavhengige effekter.

For en del anvendelser kan det likevel være en DC - komponent, fortrinnsvis med polaritet som ventes å gi sekundær elektroosmose i ønsket retning. Dette er særlig aktuelt i miljøer som kjemisk rent vann eller hvor elektrodereaksjoner til en viss grad kan tillates. Et rent DC - signal kan også benyttes for rene miljøer og / eller når pulserende strømning må unngås. For systemet med 4 elektroder (fig x1) vil samme eller forskjellige AC - signaler som beskrevet kunne påtrykkes både parallelt og normalt på strømningsretningen. Pulsen for sekundær elektroosmose i ønsket retning vil da påtrykkes når SCR er oppbygd, dvs samtidig eller noe forsinket i forhold til den normale pulsen som bygger opp denne sonen. Den motsatte pulsen for det normale feltet vil så depolarisere veggen, slik at den følgende strømningsparallele pulsen ikke fører til (vesentlig) tilbaketransport av væske.

Eventuelt kan signalet som beskrevet avbrytes av en pause - periode med null påtrykt spenning. Denne kan inntreffe for hver n'te periode for signalet, hvor n er større enn eller lik 1, og hvis verdi kan justeres under drift av systemet. Likeledes kan signalets andre parametre justeres under drift, avhengig av mengde fuktighet eller andre faktorer.

Strømforsyningen kan være ledningsnettet, batteri, brønsceller, solceller eller generator. Denne vil være forbundet med en elektronisk styringsenhet som sørger for at riktig signal påtrykkes. Styringsenheten kan motta data fra eller inneholde

fuktighets- og / eller ledningsevne-sensor. Slik kan signalet justeres etter fuktighetsmengde, og brytes ved behov.

#### Eksempel 1

Fig. 5 viser at det er mulig å transportere vann over et aktivt sjikt ved hjelp av sekundær elektroosmose, idet det er benyttet et signal uten DC-komponent. Dette signal ville ikke gitt klassisk elektroosmose.

Grafene viser trykkdreven transport (o), samt total transport ved sekundær elektroosmose parallelt (+) eller antiparallelt (-) med denne.

Forsøket ble utført ved å utsette en membran med elektroder (beskrevet nedenfor) for en vannsøyle på ca 10 cm på den ene side, mens den andre siden var utsatt for normalt innelima. Total vanntransport (liter per kvadratmeter og time) ble målt ved forskjellige tidspunkt fra forsøksstart, under forholdene:

1. Ingen påtrykt signal. Dvs bare trykkdreven transport
2. Påtrykt signal som gir sekundær elektroosmose parallelt med trykkdreven vanntransport. Total vanntransport blir da summen av elektroosmotisk og trykkdreven transport.
3. Påtrykt signal reverseres, dvs sekundær elektroosmose antiparallelt med trykkdreven transport. Total transport blir differansen mellom trykkdreven og elektroosmotisk transport, eller null.

Figuren viser målinger i forskjellige sekvenser 1-2-3.

Det aktive laget bestod av en porøs struktur av korte, ledende karbonfiber, diameter 18 mikrometer, lengde 300 mikrometer. Stålnett med åpent areal ca 6% ble benyttet som elektroder. Som inerte lag mellom elektroder og aktivt lag, ble filterpapir benyttet. Strukturen ble holdt sammen av et mekanisk trykk, og ingen bindemiddel ble benyttet. Avstand mellom elektrodene var ca 1 mm.

Et firkantsignal med sterk puls 9.0 V/mm , svak puls 2.25V/mm, frekvens 20Hz og null DC komponent ble benyttet. (det vil si firkantsignal med peak to peak <sup>3</sup>utslag

11.25V/mm, offset 3.375V/mm og duty-cycle 20%, altså utgjør sterkeste puls 20% av en periode for signalet ).

Da denne strukturen er svært åpen (uten bindemiddel, store porer), blir den trykkdrevne transporten størst her. Den åpne strukturen som er demonstrert så langt, kan likevel anvendes i tilfeller hvor man ikke har vannsøyler.

Fig. 6 viser elektroosmotisk transport, estimert som differansen mellom trykkdrevne og total transport. Øverste kurve viser tilfellet ved parallell og nederste ved antiparallell sekundær elektroosmose. At transporten blir forskjellig for de to tilfellene, viser at den additive modellen er forenklet. Uttørring ved ytre elektrode kan være en av årsakene den lavere transporten ved elektroosmose antiparallelt til trykkdrevne transport.

Figur 5 og 6 viser likevel en betydelig sekundær elektroosmose, og resultatene samsvarer godt med beregninger for slike åpne strukturer. Effekten er dessuten stabil over tid.

### Anvendelser

Ovenstående beskriver det teknologiske grunnlaget for oppfinnelsen. I det etterfølgende vil vi vise alternative anvendelsesprinsipper av oppfinnelsen som kjennetegnes ved transport av vann gjennom en membran hvor porestørrelsen kan skreddersys for den anvendelsen som skal benyttes.

Foruten å kunne anvendes for transport av vann som nevnt i ovenstående, kan oppfinnelsen benyttes til bl.a. følgende:

Drikkevann er en av verdens store mangelvarer på store deler av kloden. Dette kan ha sammenheng med at det ikke forefinnes tilstrekkelig vann, slik som i Midtøsten, og/eller at det vannet som forefinnes er forurensset og infisert med bakterier.

Sammenlignet med vannmolekylene som har en molekylvekt på 18,02 Dalton har bakteriene en størrelse som tilsvarer flere millioner Dalton. Således kan oppfinnelsen benyttes til produksjon av rent vann ved at for eksempel en perforert beholder senkes



ned i vannkilden og vannet transporteres fra utsiden og inn i beholderen hvormed vannet kan pumpes eller øses ut. Dette er illustrert i fig. 7.

Prinsippet kan ikke bare anvendes i fritt flytende vann, men også i fuktig jord og sand og andre steder hvor forurenset vann er ansamlet og energien kan leveres med enhver tenkbar strømkilde, for eksempel. fra nettet, fra solceller, generator, manuell eller motordrevet og lignende.

Dette prinsippet kan benyttes også i andre situasjoner hvor molekyler, partikler eller biologisk materiale skal skilles fra en væske.

En annen måte å produsere ferskvann, vil kunne være å belegge en av sidene av membranen med et hygroskopisk materiale, og hvor membranen anlegges på et stativ med for eksempel siden med det hygroskopiske materialet vendende oppover. All luft inneholder en viss mengde fuktighet med sitt tilhørende doggpunkt, dvs. ved den temperaturen hvor fuktigheten begynner å falle ut som mikroskopiske dråper eller "slår seg". I tropene vil natttemperaturen i mange tilfeller falle så langt ned at doggpunktet nærmer seg slik at for eksempel klær kan begynne å trekke til seg fuktigheten.

Ved dette anvendelsesprinsippet, vil det hygroskopiske materialet trekke til seg fuktighet inntil dette mettes. Dersom fuktigheten i dette ikke fjernes, vil materialet ikke kunne oppta mer fuktighet. Men ved at fuktigheten med foreliggende oppfinnelse vil bli trukket ut av det hygroskopiske materialet og gjennom den aktive membranen, vil det stadig tilføres ny fuktighet til det hygroskopiske materialet slik at det kan skje en kontinuerlig produksjon av vann. Dette prinsipp er illustrert i fig. 8. En tilsvarende struktur hvor også den inerte matrisen er hygroskopisk, vil kunne benyttes til samme formål.

Oppfinnelsen kan også benyttes til å separere ulike væsker, eventuelt væske fra gass, basert på ulike opptaks- og transporthastigheter. F.eks. kan opptakshastigheten favorisere vann fremfor olje ved å benytte hydrofile, men oleofobe materialer i flerskiktsstrukturen. Videre vil transporthastigheten være størst for væsken med lavest ledningsevne, da dette gir best oppfyllelse av kravet om høy

relativ ledningsevne for det aktive skikt. Separasjonssystemet kan være basert på en flat membran eller tekstil, eller en sylinder (Fig. 10), som adskiller to kamre hvorav det ene inneholder væskeblandingen som skal separeres. Et elektrisk signal påtrykkes slik at væske transporteres elektroosmotisk inn mot det andre kammeret. Dette kan inneholde væske identisk med den som lettest transporteres gjennom membranen, eller en væske som ikke blander seg med eller lett lar seg skille fra væsken som transporteres. Metoden antas å være effektiv for å skille endel væsker som ikke enkelt lar seg separere ved destillasjon.

En annen anvendelse av oppfinnelsen er å kle korrosjonsutsatte konstruksjoner slik som brokabler for å hindre at vann trenger inn mot stålet og fører til korrosjonsproblemer.

Nok en anvendelse av oppfinnelsen er å benytte denne til tørking av for eksempel matvarer. Et spesielt område hvor vannfjerning/tørking er aktuelt, er innefor oljeindustrien hvor en produserer store mengder med såkalt produksjonsvann, dvs. vann som kommer fra oljereservoaret. Dette må renses før den kan slippes ut til sjøen, og dette gjøres i dag med forskjellige typer sentrifuger. Disse har imidlertid vansker med å komme ned i de mengdene med olje som kan være i vannet før dette slippes til sjø. P.g.a. molekylforskjellen mellom vann og olje som er i størrelsesorden 200 til flere tusen, kan oppfinnelsen benyttes til separering av olje og vann, langt billigere og mer effektivt en med dagens metoder. Olje og vann kan også separeres basert på prinsippet beskrevet ovenfor.

Et annet område innenfor oljeindustrien er behandling av brukt oljeslam. Etter som oljeslammet sirkulerer fra plattformen, ned i borehullet og opp igjen, blir det sakte, men sikkert mettet med kolloidale partikler som ikke lar seg separere fra selve basisvæsken i slammet. Når slammet så har møtt sitt metningspunkt med hensyn til disse partiklene, kan det ikke lenger benyttes og må destrueres. Slammet kan nå inneholde fra 5 til typisk 30% partikler, store mengder vann og olje – opp til 50 – 60% vann. P.g.a. vannmengdene i slammet er det svært kostbart å destruere slammet, p.g.a. energiforbruket for å fordampe bort vannet.

Ved å anvende oppfinnelsen, omtrent omvendt av å produsere rent vann fra forurenset vann, vil en kunne trekke vann ut av slammet slik at dette konsentreres med olje og sand partiklene, hvormed den videre destruering eller separasjon av sanden og oljen blir langt billigere.

Videre kan oppfinnelsen benyttes som en del av innpakning av sensitive varer for å hindre fuktighet i å ødelegge disse. Dette kan være alt fra elektronisk utstyr til kunstgjødsel, mel, salt, krydder osv.

Nok en anvendelse av teknologien kan være å benytte denne som et underlag for laken for å fjerne kroppsfuktighet. Dette er spesielt aktuelt ved sykehus, gamlehjem, helsestasjoner og lignende hvor mennesker ofte blir utsatt for liggesår grunnet fuktighet.

Oppfinnelsen kan tenkes brukt i forbindelse med airconditioning og fuktighetskontroll, f.eks. ved at et veggfelt i bygninger eller transportmidler er forsynt med en elektroosmotisk tekstil eller sjikt, med bakenforliggende avrenningssystem, og eventuelt også kjøling for å øke kondensasjonen.

En lignende anvendelse er å benytte en elektroosmotisk tekstil i bilseter, som alternativ til ventilerte bilseter. Dette vil gi økt komfort ved å hindre klamhet.

En tilsvarende mulighet er å avfukte luft ved å la den passere et kammer med struktur som det aktive sjikt i membranen fig 9. Det sirkulære materialet i det aktive laget kan være hydrofilt, eller være omgitt av en hydrofil inert matrise. Fuktig luft føres inn nær den ene elektroden, hvor kondensert væske fjernes elektroosmotisk. Væsken renner av ved den andre elektroden, som er porøs.

Anvendelse i forbindelse med mikrosystemer omtales i det følgende. Eksempler på betegnelser er "microfluid(ic) systems" og "micro total analytical systems,  $\mu$ TAS"

Slike systemer kan f.eks. inneholde et kjemisk eller biokjemisk laboratorium på en liten chip, produsert med metoder kjent fra elektronikkindustrien. Væskeformige

analysater og reagenser transporteres da i mikrokanaler mellom stasjoner for preparering, analyse etc. eksempler innbefatter:

- levering av væske
  - o for medisinerer: chip kan f.eks. implanteres under huden
- biologisk / kjemisk sensor / analyse
  - o for alle slags biologisk og medisinsk analyse
  - o for alle slags kjemisk analyse
- andre laboratoriefunksjoner
  - o kjemisk syntese
  - o ulike kjemiske eksperimenter
- kjøling
  - o f.eks. av elektronikk ved kanaler på integrert elektronisk krets
- annet
  - o logiske elektrokinetiske kretser, f.eks. i forbindelse med anvendelsene ovenfor

I dag er mikrosystemer bl.a. for blodprøver kommersielt tilgjengelig. Eksempler på mikrokomponenter og -operasjoner er pumper, separatorer, fortynning, reaktorer, konsentrering, blanding, deteksjon og strømnings splitting. Mikropumper er nødvendig for transport mellom og som en del av slike komponenter / stasjoner. I dag benyttes mikromekaniske pumper, i tillegg til klassisk elektroosmose, og systemer basert på bulk elektriske eller magnetiske krefter (elektro- og magnetohydrodynamiske pumper). De ikke- mekaniske pumpene er fordelaktig pga billig produksjon og driftssikkerhet. Imidlertid har klassisk elektroosmose ulemper ved at høye spenninger er nødvendig, noe som reduserer brukervennlighet og transporterbarhet. Videre kommer andre ulemper som elektrodereaksjoner etc. Likeledes krever elektrohydrodynamiske pumper basert på bulk elektriske krefter høye spenninger, og kan ikke benyttes i rent / deionisert vann.

Sekundære elektroosmotiske mikropumper vil kunne benyttes for langt flere konsentrasjoner, væskeblandinger og pH- verdier, ved bruk av lave elektriske spenninger og om ønskelig AC signal. Pumpene beskrevet i figur X2, X3 og X1 vil kunne fabrikkes med metoder kjent fra elektronikk- og mikroteknologien.

Pga lave reynoldstall ved små dimensjoner, er strømmingen vanligvis laminær i mikrosystemer. Blanding av komponenter er derfor hovedsakelig basert på diffusjon, som er tidkrevende. Dette gjelder særlig store molekyler (f.eks. DNA) og partikler (f.eks. bakterier og celler). Det er følgelig behov for en effektiv enhet for omrøring. Ved sekundær elektroosmose på en partikkeloverflate, oppstår strømninger som gir en svært effektiv omrøring av nærliggende væske. En variant av pumpen innbefattende et blandingskammer, vil fylle denne funksjonen (fig. x3). Strømningsbrytere ("baffles") kan benyttes for gjøre blandingen mer effektiv.



## PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for transport av væske i en pore, mikrokanal eller et porøst materiale, hvor det er anordnet elektroder for å påtrykke elektriske signaler fra en elektrisk kraftkilde for generering av et elektrisk felt, karakterisert ved at det elektriske felt har komponenter både normalt og parallelt til den elektronisk eller ionisk ledende poreveggen eller porøse materialet, idet den normale komponenten fører til konsentrasjonspolarisasjon med tilhørende indusert ladningssone ("space charge layer", SCR), mens den tangentielle komponenten setter de solvatiserte ionene i ladningssonen i bevegelse, slik at væsken tvinges til å vandre gjennom poren eller det porøse materialet.
2. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, karakterisert ved at det benyttes et elektrodepar (nr 1), med en elektrode oppstrøms og en nedstrøms området hvor SCR skal induseres.
3. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1 og 2, karakterisert ved at det benyttes et ekstra elektrodepar (nr 2), med en elektrode på hver side av aksen væsken skal transporteres langs.
4. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, karakterisert ved at det porøse materialet omfatter et aktivt skikt som omfatter ionisk eller elektronisk ledende partikler med kurvede overflater, og/eller flatt arkformig materiale med ikke-homogen ledningsevne for væskegjennomgang gjennom det aktive sjikt 10 ved etablering av elektriske felt dannet ved to eller flere elektroder.
5. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, karakterisert ved at det porøse materialet har en hvilken som helst porøs struktur og består av et ionisk eller elektronisk ledende materiale, samt to eller flere elektroder.

6. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, 2, og 4, karakterisert ved at det elektriske feltet er sterkt nok til at normalkomponenten induserer en ladningssone (SCR) på overflaten av det aktive skikt, mens tangentialkomponenten setter ioner i denne sonen i bevegelse.

7. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, 2, 3 og 5, karakterisert ved at det normale feltet er sterkt nok til å bevirke oppbygging av en ladningssone (SCR) ved poreveggen, og hvor det tangentielle feltet bevirker den tvungne transport av væsken gjennom porene.

8. Fremgangsmåte i samsvar med ett eller flere av kravene 1-7, karakterisert ved at de elektriske signaler tilføres som vekselspanning.

9. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8, karakterisert ved at signalet er i form av en eller flere hele eller delvise pulser, hvor formen kan være firkant, trekant, sagtann, sinus, eller en annen form, eller kombinasjoner av disse.

10. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8, karakterisert ved at signalet har et DC-offset som gjør amplituden større i den ene polaritet.

11. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8, karakterisert ved at signalet har en justert duty-cycle dvs. at varigheten av de to pulser i AC - signalets periode kan være forskjellig.

12. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8 - 11, karakterisert ved at signalet har et DC-offset som gjør amplituden større i den ene polaritet, og at det har en justert duty-cycle, slik at netto DC komponent er null.

13. Fremgangsmåte i samsvar med ett eller flere av kravene 1 - 7, karakterisert ved at signalet er et rent DC signal.

14. Fremgangsmåte i samsvar med ett eller flere av kravene 8 - 13 karakterisert ved at signalet avbrytes av perioder av null amplitude.

15. Flersjiktmaterialer hvorigjennom væske kan transporteres ved hjelp av sekundær elektroosmose, karakterisert ved at materialet omfatter:

- a) et aktivt sjikt 10 av ledende materialer med ikke-homogen ledningsevne, og
- b) at det både oppstrøms og nedstrøms det aktive sjikt 10 er anordnet elektroder 14 innrettet for å etablere et elektrisk felt over det aktive sjikt 10.

16. Flersjiktmaterialer i samsvar med krav 15, karakterisert ved at det aktive sjikt omfatter en membran med alternerende områder med høy og lav ledningsevne, eksempelvis i et sjakkkrutemønster, og hvor de ledende områdene er porøse eller ikke-porøse og hydrofile.

17. Flersjiktmaterialer hvorigjennom væske kan transporteres ved hjelp av sekundær elektroosmose, karakterisert ved at materialet omfatter:

- a) et porøst materiale med ionisk eller elektronisk ledende porevegger
- b) at det rundt det porøse materialet er anordnet 2 eller flere sett elektroder, slik at det kan påtrykkes elektriske felt med retning normalt og parallelt til strømningsretningen

18. Flersjiktmaterialer hvorigjennom væske kan transporteres ved hjelp av sekundær elektroosmose, karakterisert ved at materialet omfatter:

- a) et aktivt sjikt 10, hvor det aktive sjikt 10 omfatter ionisk eller elektronisk ledende partikler med en kurvet overflate, og
- b) at det både oppstrøms og nedstrøms av det aktive sjikt er anordnet elektroder 14 innrettet for å etablere et elektrisk felt over det aktive sjikt 10.

19. Mikrokanal hvorigjennom væske kan transporteres ved hjelp av sekundær elektroosmose, karakterisert ved at materialet omfatter en kanal hvor en eller flere av dimensjonene bredde, høyde, lengde er mellom 10 nm og 100 mikrometer.

20. Mikrokanal i samsvar med krav 19, karakterisert ved at kanalen inneholder et aktivt sjikt 10.



21. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 18, eller mikrokanal i samsvar med krav 19- 20, karakterisert ved at partiklene i det aktive sjikt er av et ionisk eller elektronisk ledende materiale.
22. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 18, eller mikrokanal i samsvar med krav 19 - 20, karakterisert ved at de nevnte partikler er korte eller langstrakte fibre med et sirkulært eller ovalt tverrsnitt.
23. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 18, eller mikrokanal i samsvar med krav 19 - 20, karakterisert ved at nevnte partikler er kuleformede partikler med sirkelformig eller ovalt tverrsnitt.
24. Flersjiktmateriale i samsvar med et av kravene 18 og 21 - 23, karakterisert ved at de kuleformede partikler eller fibre har en diameter i området 0,1 – 1000  $\mu\text{m}$ .
25. Mikrokanal i samsvar med 19 - 21, karakterisert ved at det aktive materialet kan ha form av lave sylindere med lengdeakse normalt på strømningsretningen.
26. Mikrokanal i samsvar med krav 19 - 21, karakterisert ved at det aktive materialet kan ha en hvilken som helst kurvet eller skrånende fasong slik at det elektriske signalet vil ha komponenter normalt og tangentielt til overflaten av materialet.
27. Mikrokanal i samsvar med krav 19 - 23 og 25 - 26, karakterisert ved at de kuleformede partikler eller fibre har en diameter i området 0,1 – 100  $\mu\text{m}$ .
28. Mikrokanal i samsvar med ett eller flere av kravene 19 - 27, karakterisert ved at denne utgjør hele eller deler av en lengre mikrokanal eller et nettverk av mikrokanaler, og således tjener som en sekundær elektroosmotisk pumpe med 2 eller flere elektroder
29. Mikrokanal i samsvar med krav 28, karakterisert ved at elektrodepar 1 har form av porøse skikt eller spalter plassert i kanalgangen.

30. Mikrokanal i samsvar med krav 28, karakterisert ved at elektrodepar 1 har form av ledende områder på kanalveggen eller utspring fra denne.

31. Mikrokanal i samsvar med krav 29 eller 30, karakterisert ved at elektrodepar 1 er plassert oppstrøms og nedstrøms det elektroosmotisk aktive området, hvor som helst i mikrokanalen eller -nettverket slik at det elektriske feltet blir parallelt med strømningsretning for det nevnte området.

32. Mikrokanal i samsvar med krav 19, karakterisert ved at kanalen eller felt på kanalveggen er ionisk eller elektronisk ledende.

33. Mikrokanal i samsvar med krav 19, karakterisert ved at kanalen skilles fra et kammer av tilsvarende dimensjoner av en ionebyttermembran.

34. Mikrokanal i samsvar med ett eller flere av kravene 19 - 33, karakterisert ved at elektrodene i elektrodepar 1 er plassert oppstrøms og nedstrøms det elektroosmotisk aktive området, hvor som helst i mikrokanalen eller -nettverket slik at det elektriske feltet blir parallelt med strømningsretning for det nevnte området, og elektrodene i elektrodepar 2 er plassert på hver sin side av strømningsaksen i området hvor SCR skal induseres.

35. Mikrokanal i samsvar med ett eller flere av kravene 19 - 33, karakterisert ved at kanalen plasseres like nedstrøms et område i nettverket hvor flere strømmer løper sammen.

36. Mikrokanal i samsvar med krav 35, karakterisert ved at nedstrøms elektrode kan være ikke - porøs, og kanalens utløp danner en vinkel intil 90 grader på opprinnelig strømningsretning.

37. Mikrokanal i samsvar med krav 35 eller 36, karakterisert ved at kanalveggene er forsynt med ujevnheter eller "baffles" for å øke omrøringen.

38. Flersjiktmateriale i samsvar med et av kravene 15, 17 eller 18, karakterisert ved at materialet i tillegg til det aktive sjikt 10 og elektrodene 14 omfatter en inert ikke-ledende matriks 12 som kan være hygroskopisk, hydrofob eller hydrofil.
39. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 38, karakterisert ved at matriksen 12 er valgt blant materialer som er porøse eller ikke - porøse, hydrofobe eller helt eller delvis hydrofile.
40. Flersjiktmateriale i samsvar med et av kravene 15, 17 eller 18, karakterisert ved at materialet ytterligere omfatter ett eller flere ikke-ledende sjikt 16.
41. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 40, karakterisert ved at sjiktene 16 er porøse eller ikke - porøse, hydrofobe eller helt eller delvis hydrofile.
42. Flersjiktmateriale i samsvar med krav 40, karakterisert ved at sjiktene 16 plasseres på utsiden av elektrodene 12 eller mellom elektrodene 12 og det aktive sjikt 10, og at sjiktene kan gis en fritt valgt permeabilitet.
43. Flersjiktmateriale i samsvar med ett eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 -42, karakterisert ved at det produseres som et tekstilmateriale eller en organisk eller uorganisk membran.
44. Flersjiktmateriale i samsvar med ett eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 -43 , karakterisert ved at det aktive laget har tykkelse 1  $\mu\text{m}$  - 5 mm.
45. Flersjiktmateriale i samsvar med ett eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 43 , karakterisert ved at det aktive laget har tykkelse 5 - 1000  $\mu\text{m}$ .
46. Flersjiktmateriale i samsvar med ett eller flere av kravene 15 – 45, karakterisert ved at det produseres som en lagdelt struktur med tykt aktivt lag.
47. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 46, karakterisert ved at det aktive materiale er et ledende polymermateriale.

48. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 46, karakterisert ved at det aktive materiale er et ledende faststoffmateriale.
49. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 46, karakterisert ved at det aktive materiale er valgt blant karbon, grafitt, metall, fylt polymer, dopet polymer og polymer- eller keramisk ionebytter.
50. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 49, karakterisert ved at elektrodene 14 er fremstilt av en ledende polymer.
51. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 49, karakterisert ved at elektrodene 14 er fremstilt av en polymer som er fylt med et ledende materiale og at elektrodene kan gis en fritt valgt permeabilitet, og at elektrodene kan ha en struktur av vevd duk eller porøs membran.
52. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 49, karakterisert ved at elektrodene 14 er fremstilt av karbonfibre, metallduk eller -grid, standard tekstil eller grid som er impregnert eller belagt med en ledende polymer (dopet eller fylt med ledende materiale).
53. Flersjiktmateriale i samsvar med et eller flere av kravene 15 - 52, karakterisert ved at de ytterligere sjikt 16 er fremstilt av polymermembraner eller – gittere med fritt valgt permeabilitet.
54. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 -53, karakterisert ved fremstilling av et tekstilmateriale eller organiske eller uorganiske membraner.
55. Anvendelse i samsvar med krav 54, karakterisert ved at tekstilmaterialet benyttes i fritids- og sportsklær, arbeidsklær og uniformer, i utstyr så som telt, soveposer, væsker, laken og skotøy.
56. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 55, karakterisert ved fremstilling av

elektroosmotisk beskyttelsestrekk, eller casing, som kan utgjøre deler av eller hele casingen av for eksempel elektronisk eller mekanisk utstyr.

57. Anvendelse i samsvar med krav 56, karakterisert ved at beskyttelsestrekket anvendes som en beskyttelse for mobiltelefoner, elektroniske eller mekaniske innretninger, eksempelvis ved at tekstil eller fast elektroosmotisk sjikt kan utgjøre del av casing.

58. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, for å etablere en vann- eller dampspærre og kondensfjerner for bygninger og transportmidler, karakterisert ved at det aktive sjikt 10 og elektroder 14 inkorporeres i vegger, tak, grunnflate og/eller fundament.

59. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, for å etablere en vann- eller dampspærre og kondensfjerner på seter, karakterisert ved at det aktive sjikt 10 og elektroder 14 inkorporeres som løst eller fast yttertremk på setet

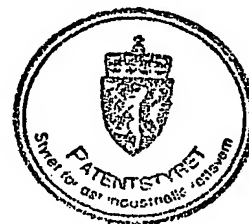
60. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved fremstilling av geotekstiler for å fjerne vann eller is-filmer på veier, eller for anvendelse som lekkasjestopper for å hindre at miljøskadelige stoffer lekker til grunnvann eller miljøet.

61. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det transporteres vann som har kondensert på utsiden av en beholder inn gjennom beholderveggen.

62. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved fremstilling av elektrolytt-membraner for faststoff polymer elektrolytt brenselceller (PEFC) som gir forbedret mulighet for fuktkontroll i membranen.

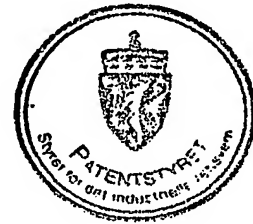
63. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det produseres rent vann fra forurenset vann, enten fra flytende vann og/eller å trekke vann fra jord, sand eller andre ansamlinger med forurenset vann.
64. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det produseres rent vann fra luft ved å transportere luftfuktighet gjennom membranen for ansamling på den ene siden av denne.
65. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 54, karakterisert ved separasjon av ulike væsker, basert på ulike opptaks- og / eller transporthastigheter i det porøse materialet.
66. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det fjernes fuktighet fra stålkonstruksjoner ved å kle disse med membranen for å hindre at vann trenger inn i konstruksjonen.
67. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det fjernes vann fra varer ved at hele eller del av emballasjen som omslutter varen blir utstyr med en membran som trekker ut fuktigheten fra varen.
68. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved at det trekkes ut vann fra forskjellige typer slam inneholdende forskjellige komponenter slik som olje og sand.
69. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 18, 21 - 24, 38 - 54, karakterisert ved avfukting av luft, for eksempel i forbindelse med airconditioning.

70. Anvendelse av en fremgangsmåte ifølge et eller flere av kraven 1 - 14, eller et materiale ifølge et eller flere av kravene 15 - 53, karakterisert ved utøvelse av transport og / eller blanding av væsker i mikrokanaler i forbindelse med et hvilket som helst mikro- eller nanosystem, som "microfluid(ic) systems" eller "micro total analytical systems ( $\mu$ TAS)".



### Sammendrag

Det beskrives en struktur og en fremgangsmåte for transport av væske inn i eller gjennom et porøst materiale eller enkelte porer / mikrokanaler. Konseptet bygger på sekundær elektroosmose der væsken tvinges gjennom materialet ved at det påtrykkes et elektrisk felt.





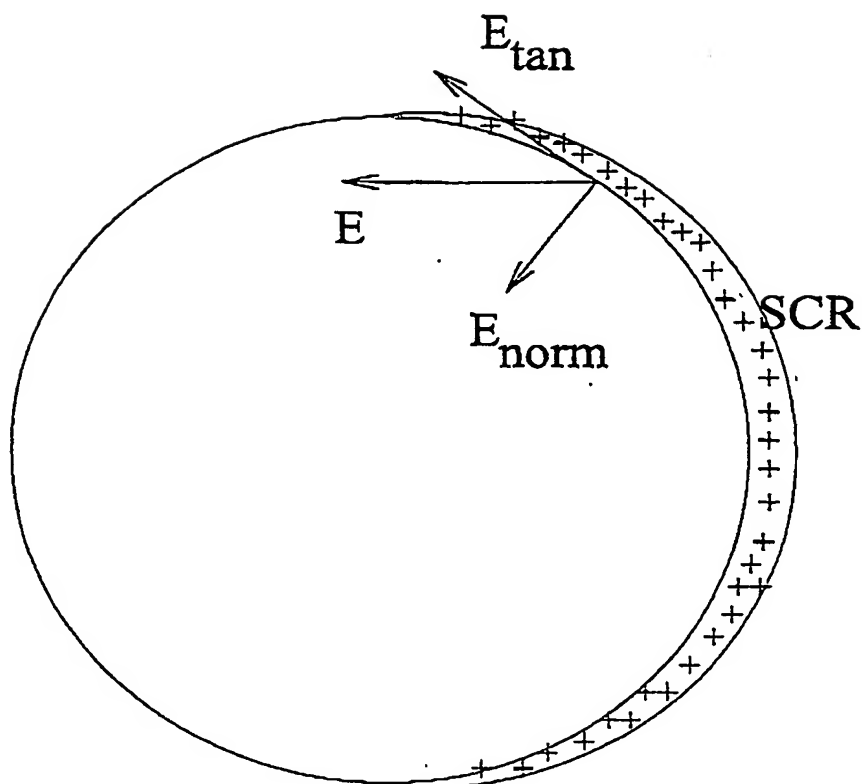


Fig 1

→ Telefax

Til: ACTIO LASSEN AS
Fax. nr.: 55 27 98 01
Fra: OSMOTEX / Trond Hjeltnes
Dato: 02.07.12
FAX 55574041
Ant. sider: 9

Postbrev 7659



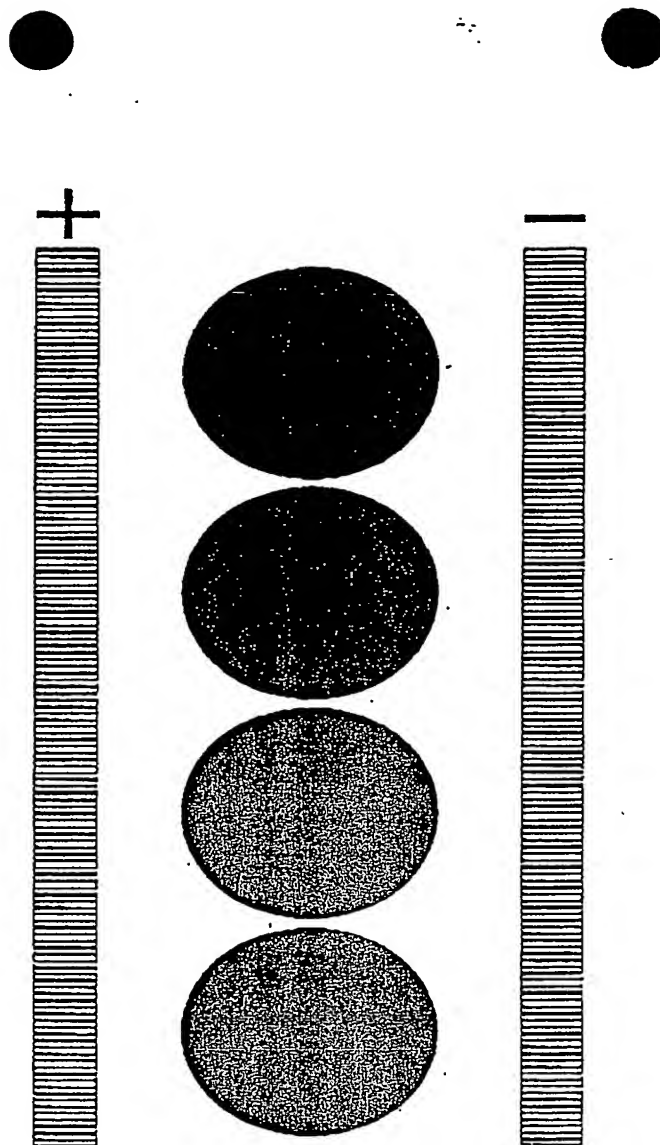
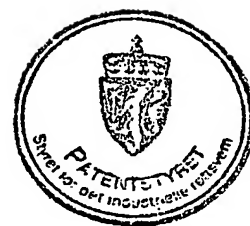


Fig 2.1



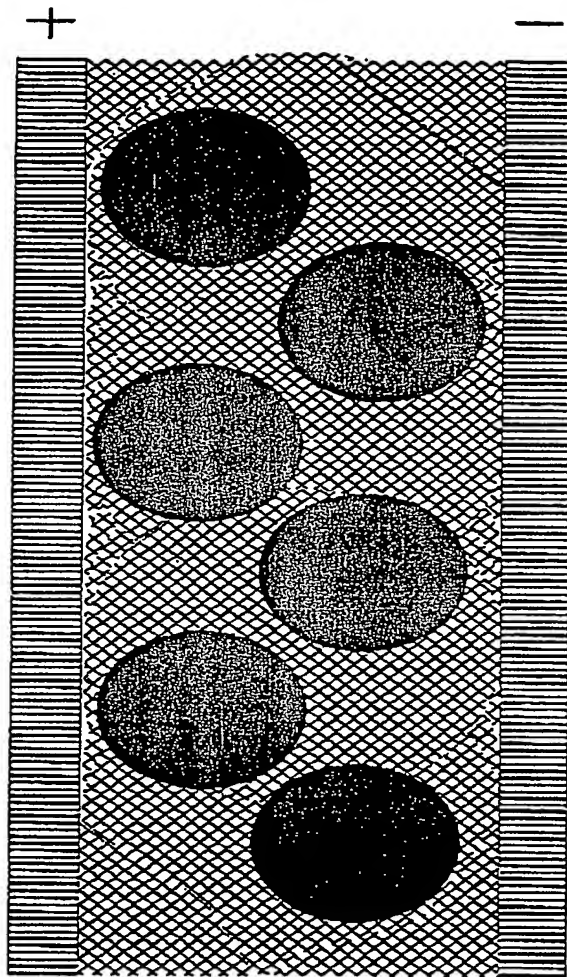


Fig 2.2



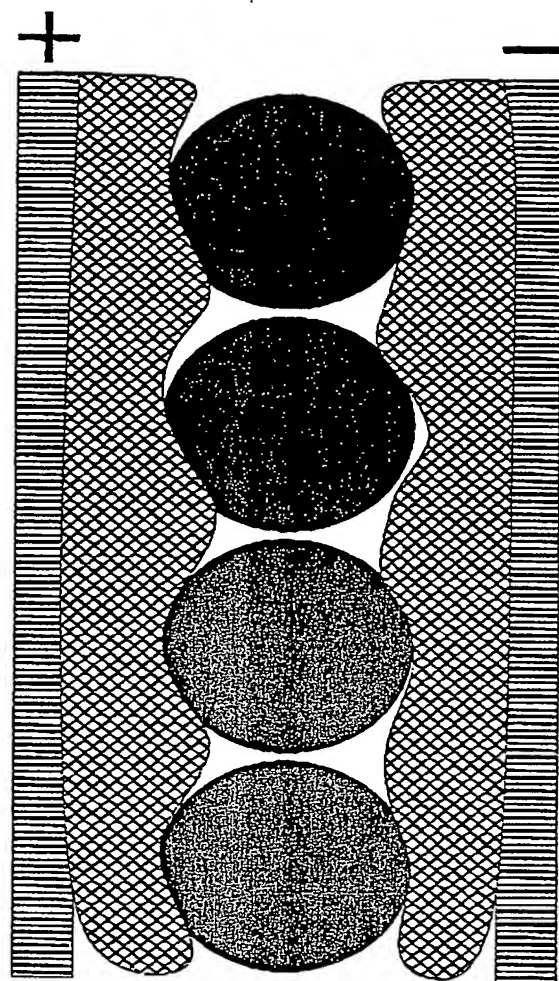
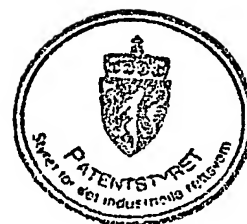


Fig 2.3



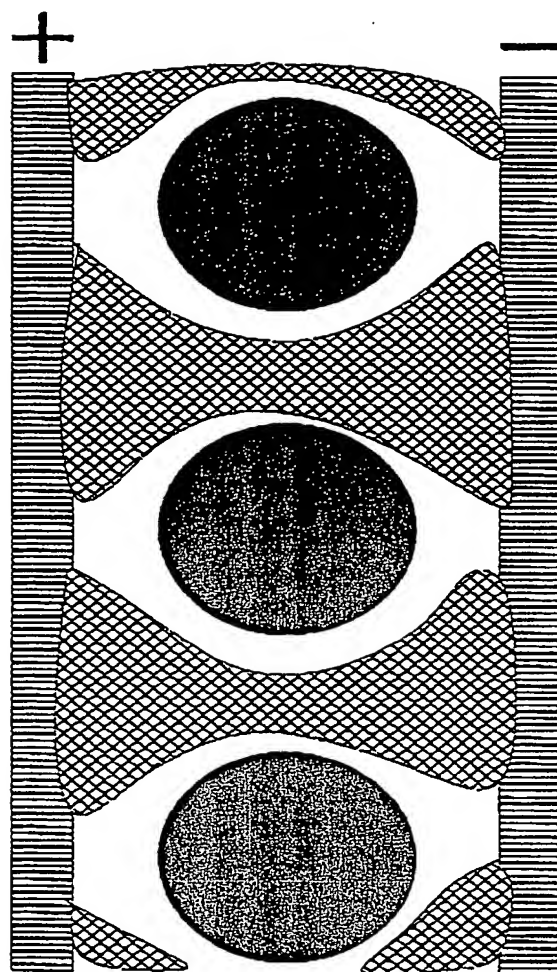
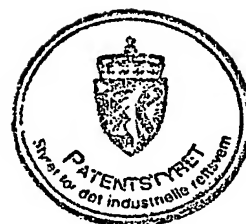


Fig 2.4



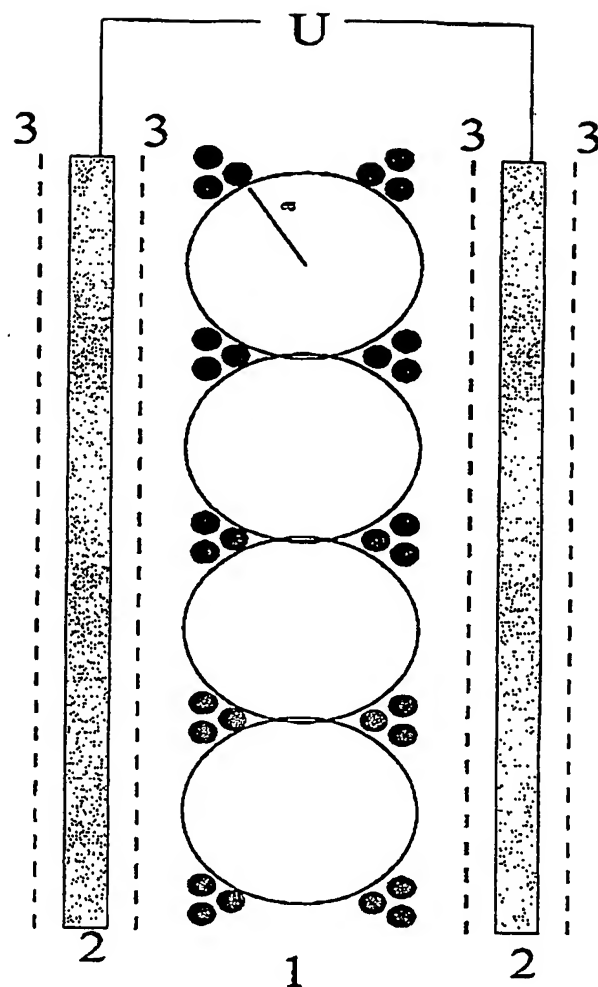


Fig 3



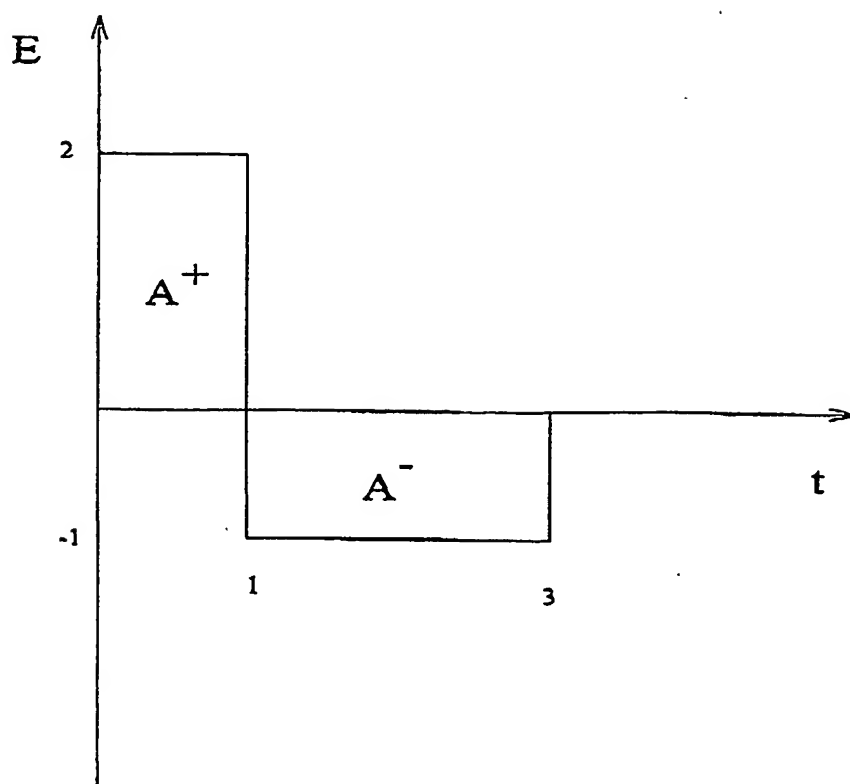


Fig 4

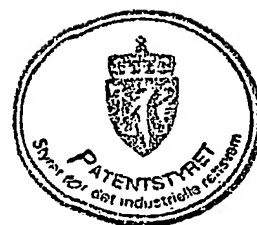


Fig 5

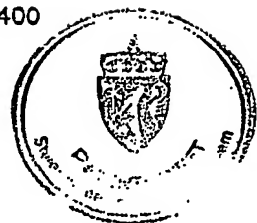
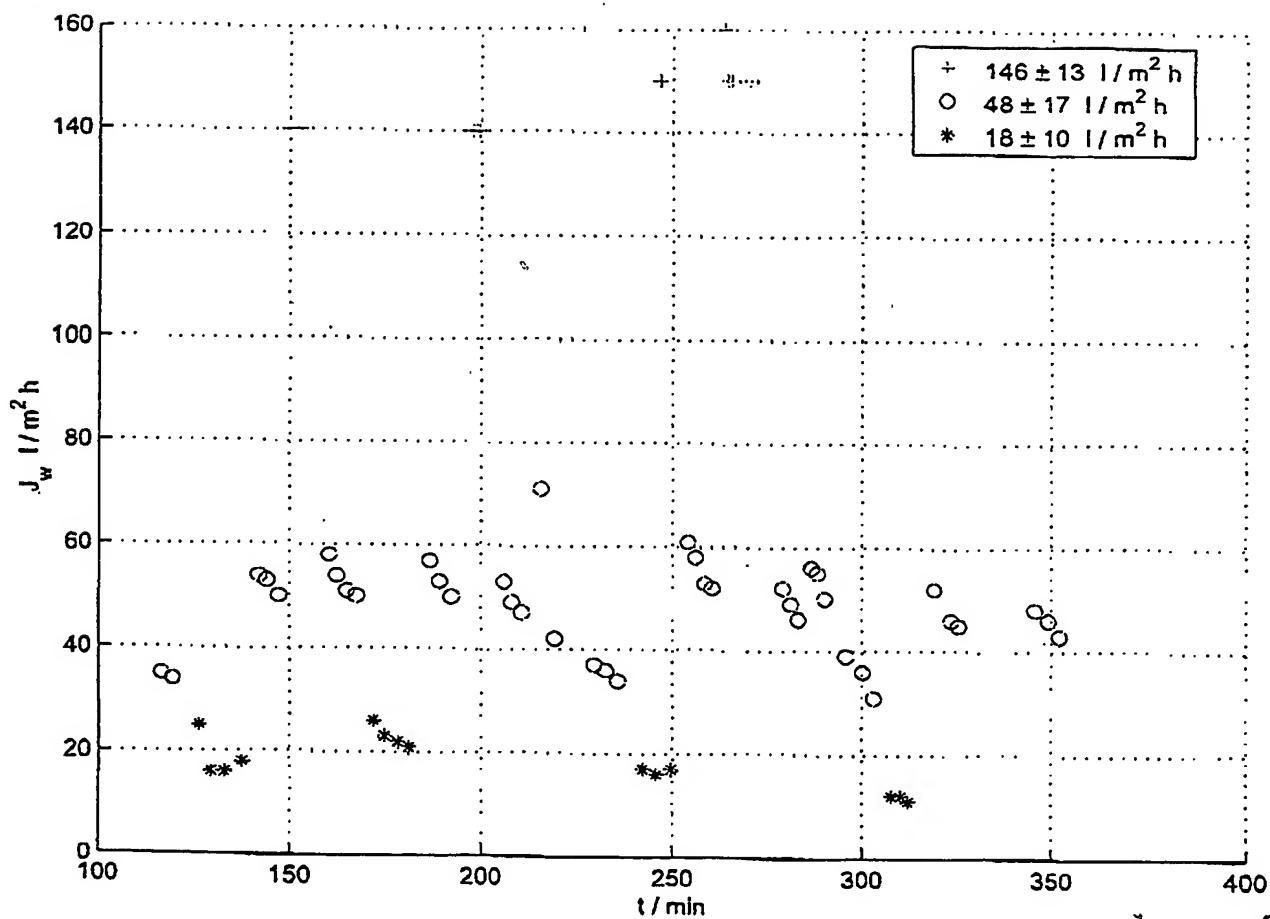




Fig 6

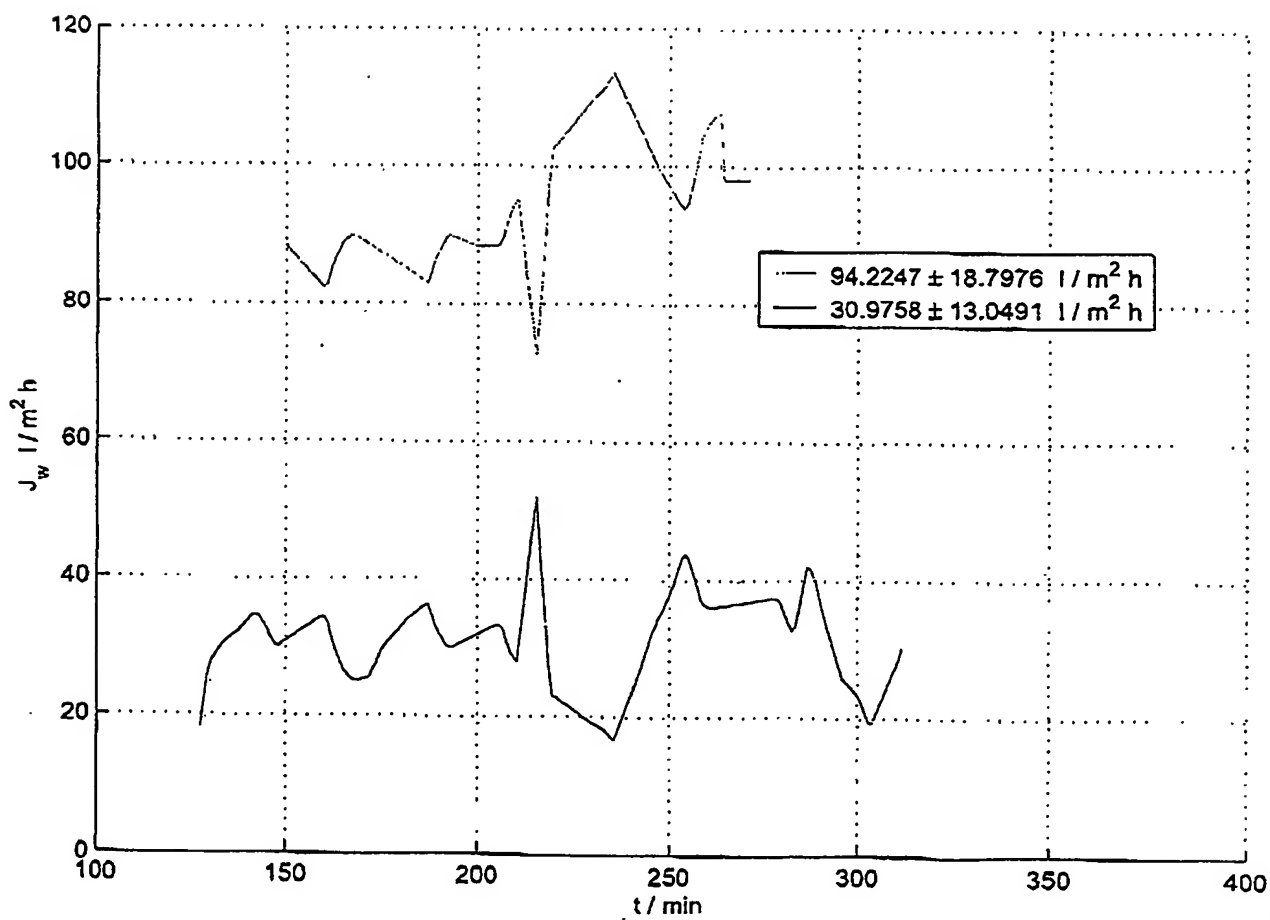
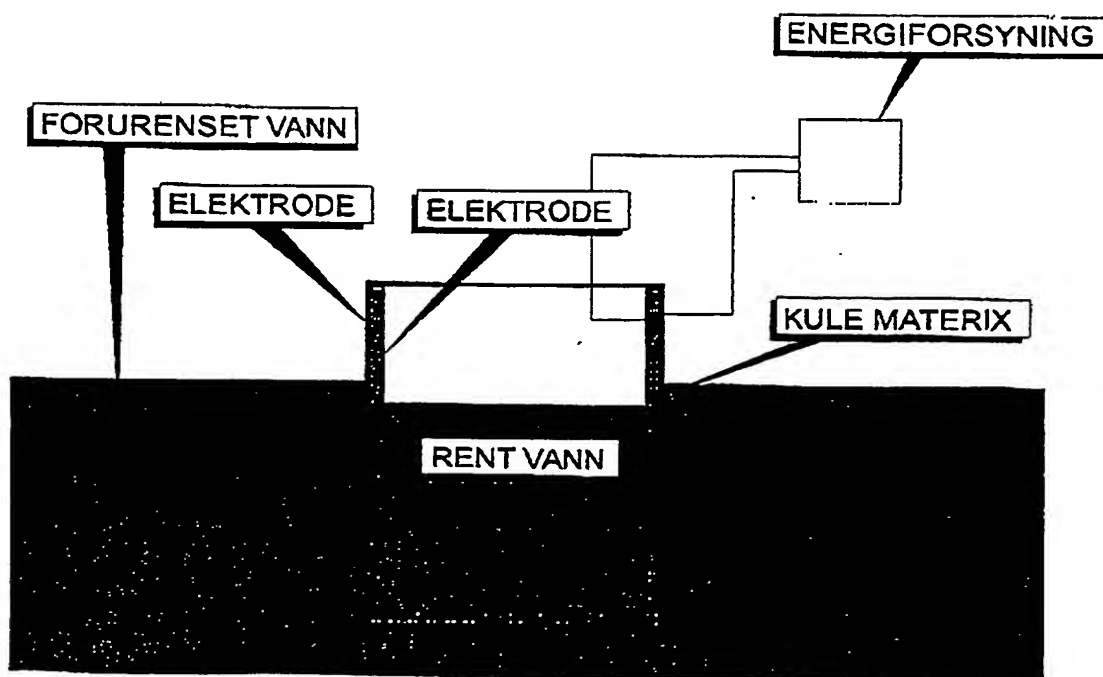


Fig 7



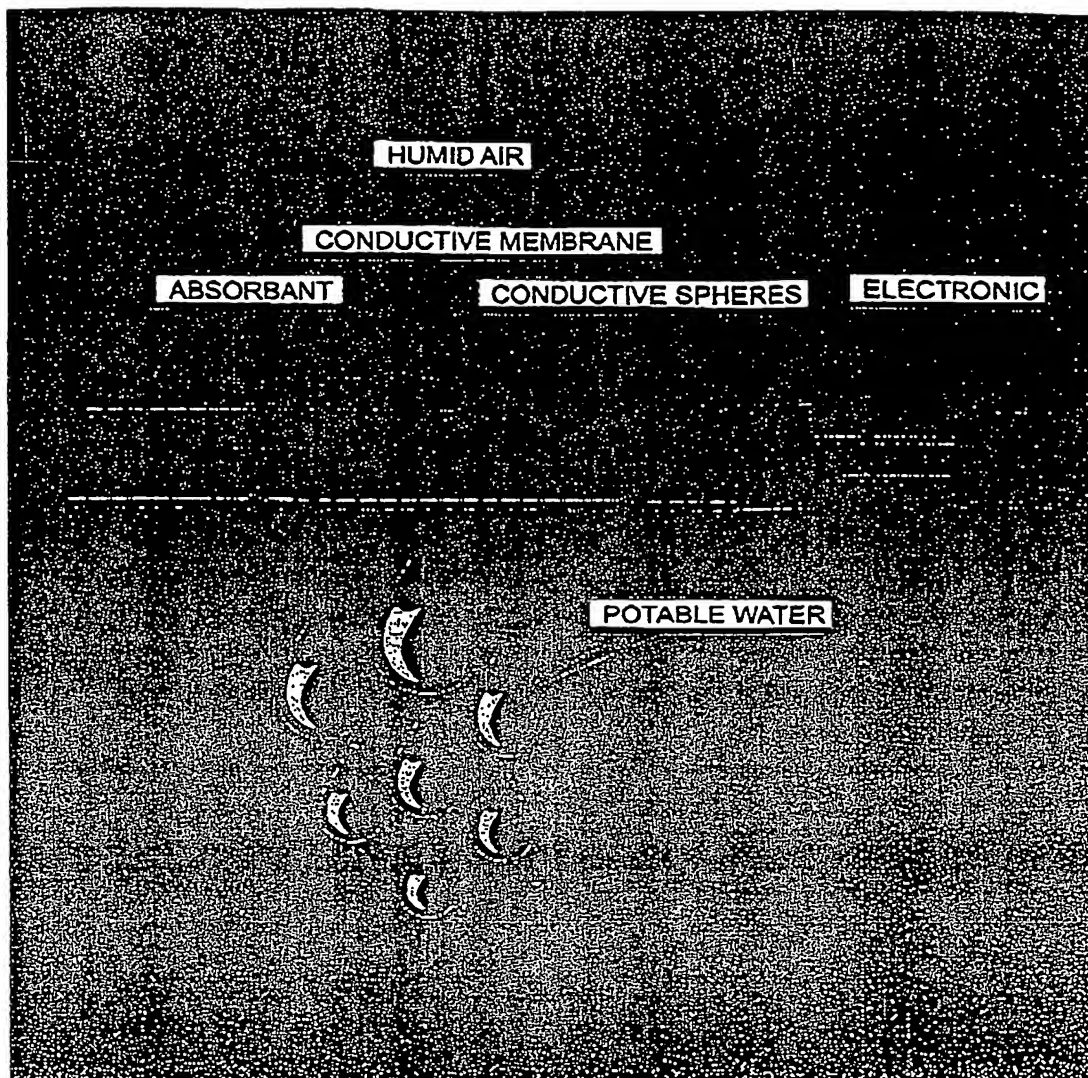


Fig 8



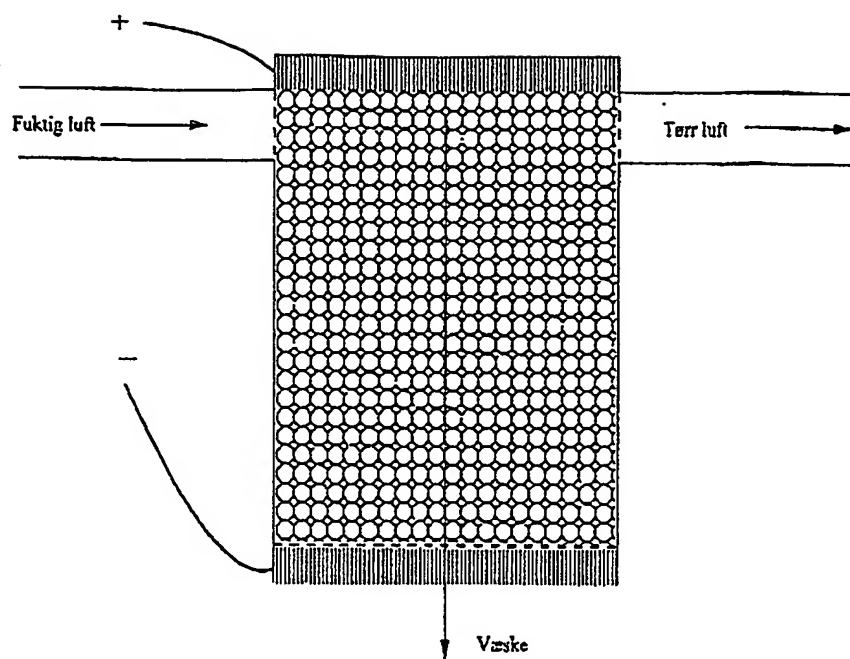


Fig 9



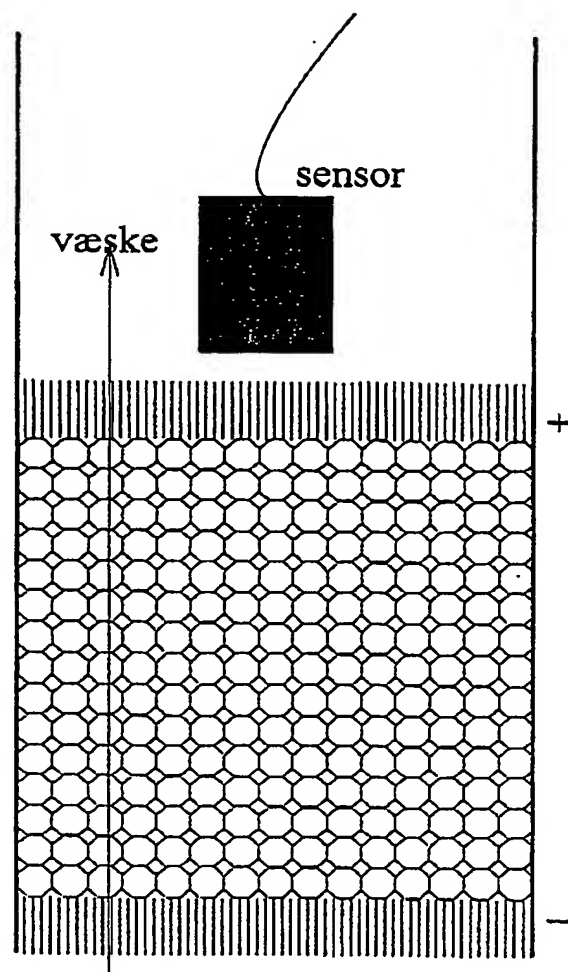
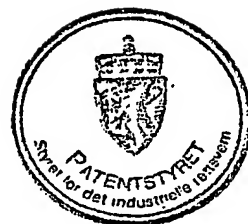


Fig 10



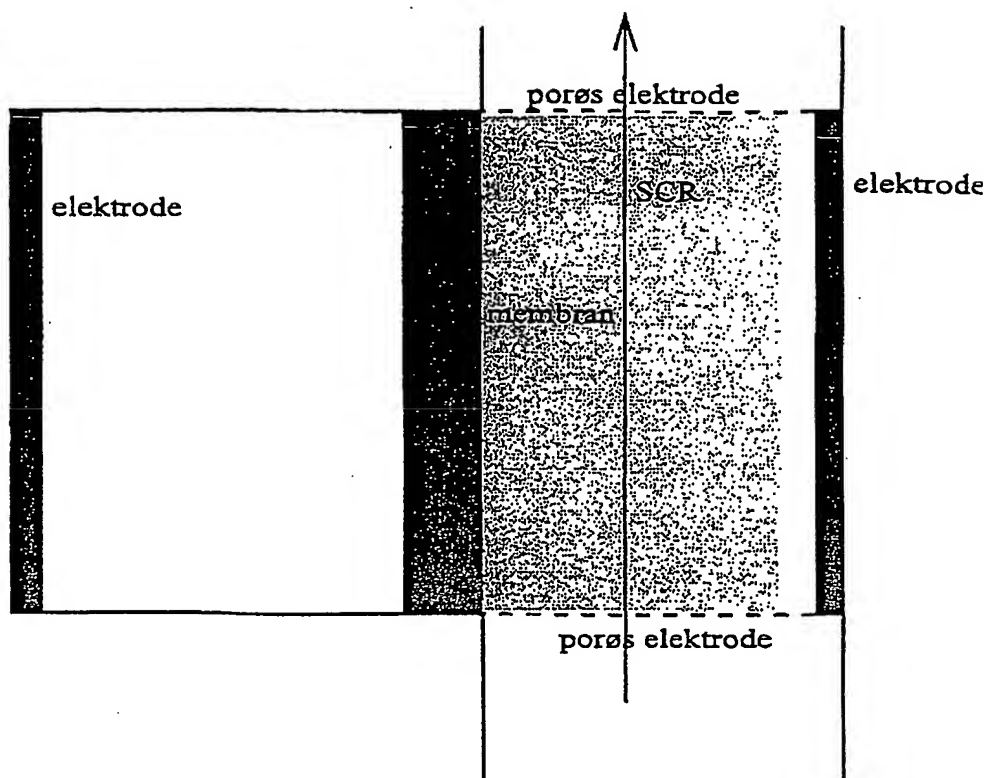
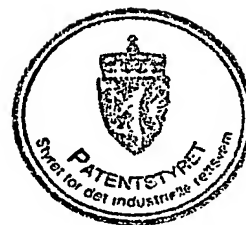


Fig X1



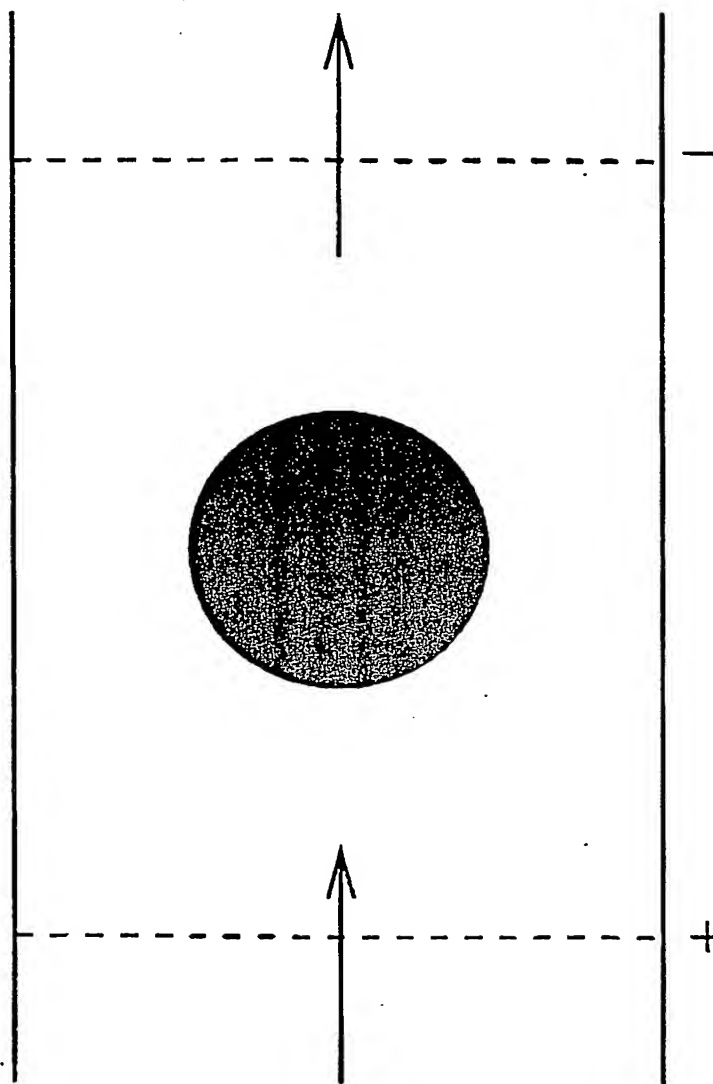


Fig X2.1



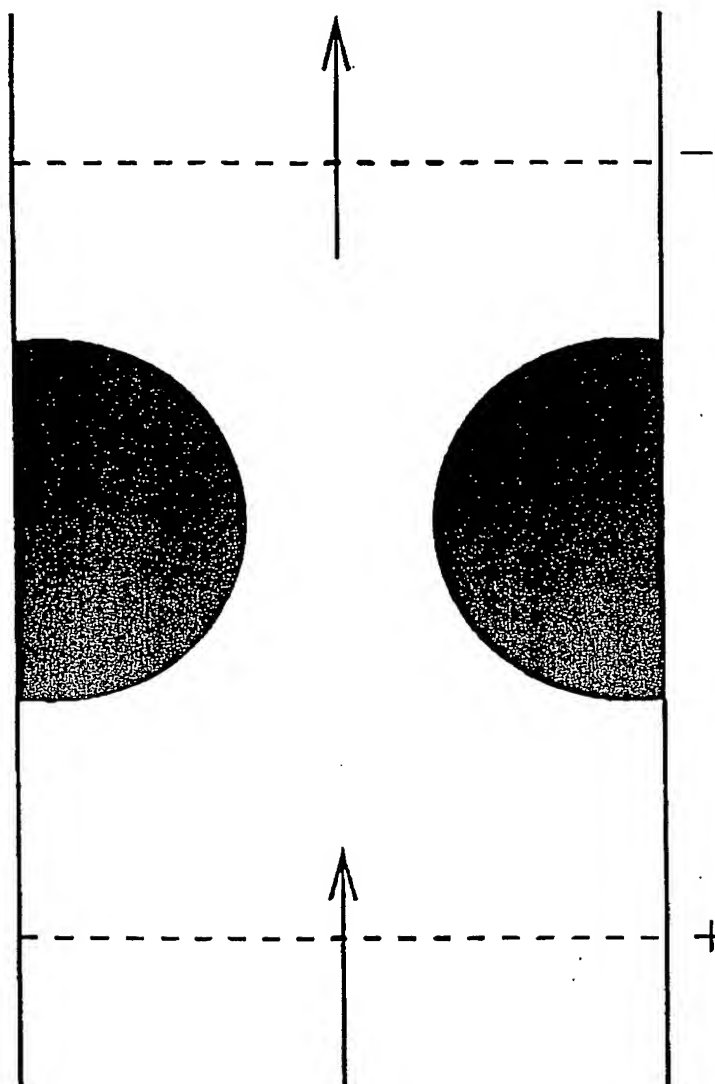


Fig X2.2





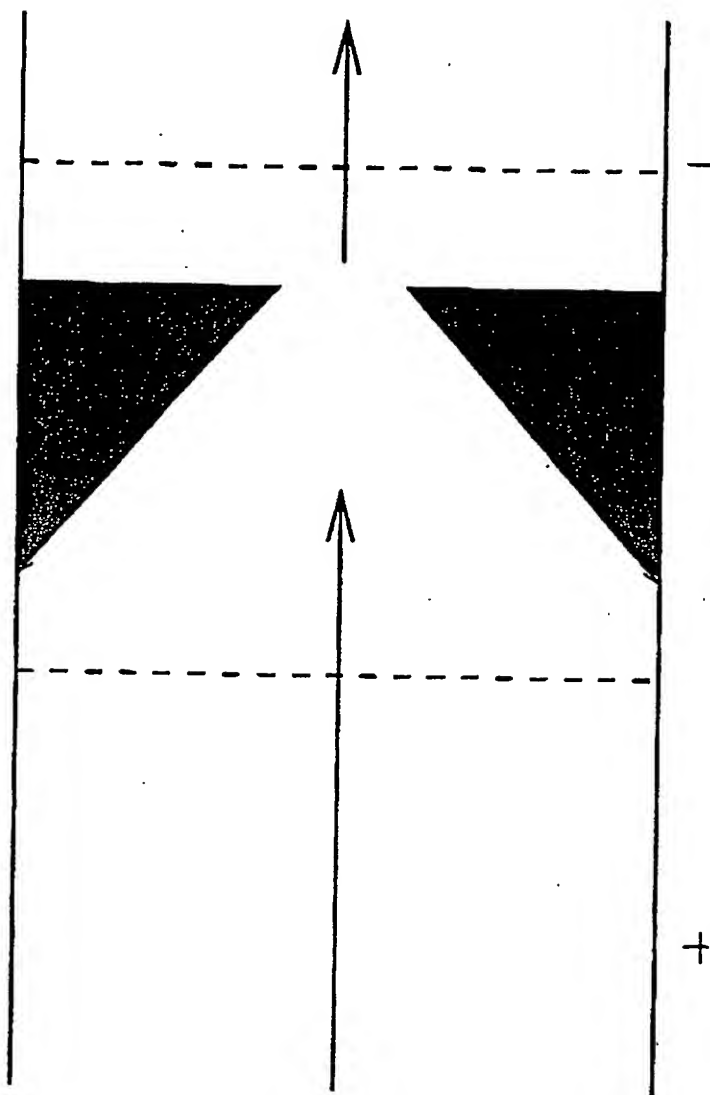


Fig X2.3



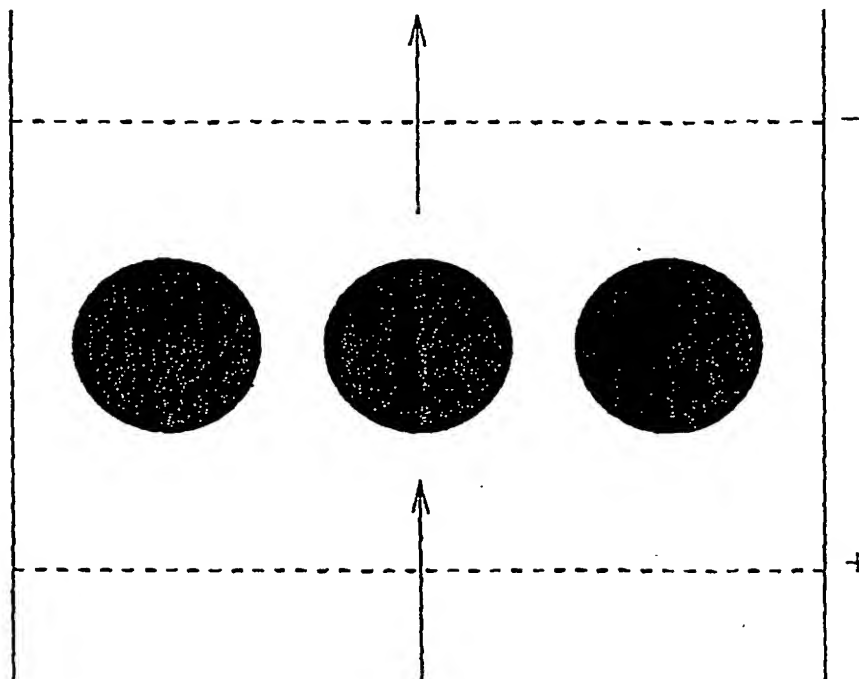


Fig X 2.4



121

PATENTSTYRET

02-07-15\*20023398

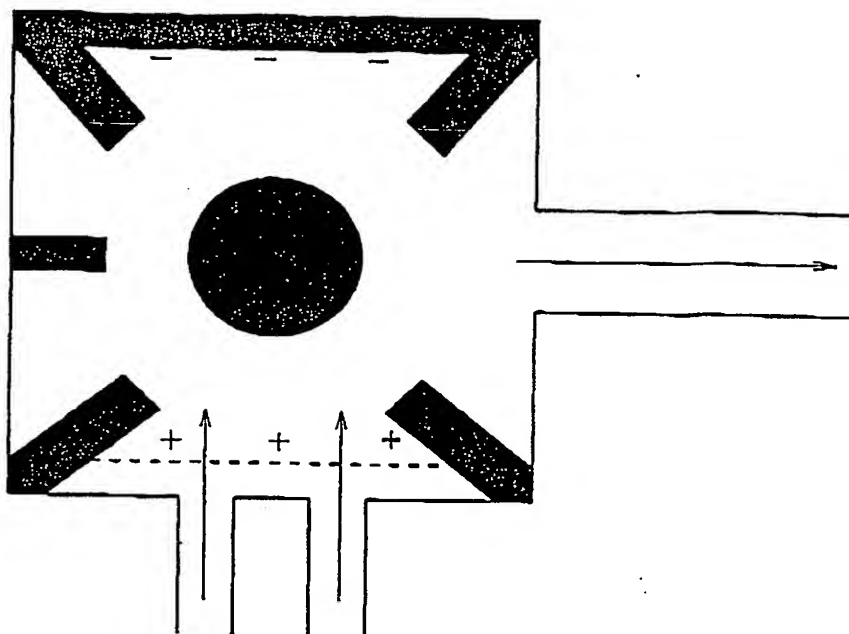


Fig x 3



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**